Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik (PROSEMNASPROIT)
Vol. 1, No.1, 2024
e-ISSN: 3063-5713; p-ISSN: 3063-4709, Hal 91-115
DOI: https://doi.org/10.61132/prosemnasproit.v1i1.7
Available online at: https://prosiding.aritekin.or.id/index.php/PROSEMNASPROIT

Indeks *Zero Waste* Ruang Terbuka Hijau di Sleman dan Panduan Optimalisasi

Dian Ferdiansyah
Program Studi Teknik Sistem, Universitas Gadjah Mada

Arif Kusumawanto
Departemen Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Gadjah Mada

Sri Puji Saraswati
Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Alamat: Jl. Teknika Utara No. 3 Barek, Yogyakarta 55281
Korespondensi penulis: dianferdiansyah1985@mail.ugm.ac.id

Abstract*: This research is part of an effort to solve waste management issues in Sleman Regency, focusing on measuring and evaluating the Zero Waste Index (ZWI) in the Green Open Space (RTH) Denggung, Sleman. The resource substitution method was used to assess the efficiency and potential for waste reduction in the area. Based on field data and calculations using the ZWI formula, it was found that the ZWI value in RTH Denggung is very low, only 0.14, meaning that only about 14% of resources are recovered from the waste management system. This indicates that waste management in the area is not yet optimal, necessitating improvement and innovation efforts. The proposed strategies include enhancing the recycling of plastic, paper, and styrofoam waste, as well as developing composting for food scraps and other organic waste. The implementation of stricter policies related to waste management, public awareness campaigns, and the integration of zero waste initiatives are expected to improve the ZWI value. This effort is hoped to be part of the solution to waste management in Indonesia and serve as a best practice example for waste management in RTH or other public spaces..*

Keywords*: Zero waste index, Waste processing, Green Open Space, RTH Optimization*.

Abstrak: Penelitian ini merupakan bagian upaya solusi pengelolaan sampah di Kabupaten Sleman, dilakukan pengukuran dan evaluasi Indeks *Zero Waste (ZWI)* di Ruang Terbuka Hijau (RTH) Denggung, Sleman. Metode substitusi sumber daya digunakan untuk menilai efisiensi dan potensi pengurangan sampah di area tersebut. Berdasarkan data lapangan dan perhitungan menggunakan rumus *ZWI*, ditemukan bahwa nilai *ZWI* di RTH Denggung sangat rendah, hanya 0.14, yang berarti hanya sekitar 14% sumber daya berhasil dipulihkan dari sistem pengelolaan sampah. Hal ini menunjukkan pengelolaan sampah di kawasan tersebut belum optimal, sehingga diperlukan upaya perbaikan dan inovasi. Strategi yang diusulkan meliputi peningkatan daur ulang sampah plastik, kertas, dan styrofoam, serta pengembangan pengomposan untuk sisa makanan dan limbah organik lainnya. Diterapkannya kebijakan yang lebih ketat terkait pengelolaan sampah dan kampanye kesadaran masyarakat dan pengintegrasian wahana zero waste diharapkan dapat meningkatkan nilai *ZWI*. Upaya ini diharapkan menjadi bagian dari solusi pengelolaan sampah di Indonesia dan menjadi contoh terbaik bagi pengelolaan sampah di RTH atau ruang-ruang publik lainnya..

Kata kunci*:* Indeks *Zero waste*, Pengolahan sampah, Ruang Terbuka Hijau, Optimalisasi RTH.

LATAR BELAKANG

Saat ini negara kita Indonesia mengalami tak terkecuali Sleman dan D.I. Yogyakarta menghadapi tantangan serius terkait pengelolaan sampah setelah penutupan berkali-kali TPA Piyungan yang terus mengalami *overload*. Gagasan RTH dipandang sebagai media semangat

Received: April 30, 2023; Accepted: Mei 31, 2023; Published: Juni 30, 2024
* Dian Ferdiansyah, *dianferdiansyah1985@mail.ugm.ac.id*

berbenah dalam mengatasi Pengelolaan sampah menjadi fokus strategis saat ini yang diharapkan dapat menjadi pemicu dan pemacu sebagai motor penggerak untuk membangkitkan semangat masyarakat dalam masalah persampahan Sleman yang belum menemui titik terang, hal ini juga perlu di denggungkan jangan sampai ruang interaksi publik /RTH menjadi ruang komunal pertambahan beban produksi sampah.

Ruang Terbuka Hijau (RTH) memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Namun, keberadaan RTH menjadi semakin penting karena dapat mempengaruhi peningkatan volume sampah. Terlebih lagi, Kabupaten Sleman saat ini menghadapi darurat sampah akibat penutupan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Regional Piyungan (Pemprov DIY, 2024), yang sebelumnya menjadi tempat pembuangan sampah utama selama beberapa tahun terakhir. Oleh karena itu, pengelolaan sampah di Sleman menjadi sangat penting, terutama di fasilitas publik seperti taman RTH Denggung yang menjadi representasi kabupaten Sleman.

Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkelanjutan yang mencakup pengurangan dan penanganan sampah (UU Nomor 18 Tahun 2008). Secara umum, pengelolaan sampah kota yang baik ditentukan oleh sikap masyarakat terhadap sampah, seperti kemampuan untuk tidak membuang sampah sembarangan. Karakteristik sosio-ekonomi dapat mempengaruhi sikap seperti kemampuan atau keinginan untuk mendaur ulang sampah padat (Henry et al. 2006).

Penelitian (Nugroho, 2015) di lokasi yang sama telah mengevaluasi Ruang Terbuka Hijau di Sleman, tetapi dengan tujuan untuk mengevaluasi ketersediaan, bentuk, dan menciptakan model penataan ruang terbuka hijau.

Optimalisasi Taman Denggung dengan pengintegrasian sistem *zero waste* adalah momen penting dan tepat untuk menghadirkan pembaruan pada wajah Sleman, dengan dapat terus meningkatkan kesadaran berkelanjutan tentang pentingnya gaya hidup *zero waste* dan pengelolaan sampah yang berkesinambungan. Menerapkan konsep *zero waste* bukan hanya solusi praktis, tetapi juga sebuah ideologi yang mencerminkan tanggung jawab ekologis yang berkelanjutan. Dengan mengadopsi konsep ini, fasilitas publik di RTH dapat berkembang menjadi lebih dari sekadar tempat rekreasi. RTH dapat menjadi pusat kegiatan berkelanjutan yang tidak hanya menghibur, tetapi juga mendidik dan menginspirasi masyarakat untuk berperan aktif dalam menangani masalah sampah.

KAJIAN TEORITIS

Menurut *Zero Waste International Alliance*, definisi *zero waste* yang terakhir diperbarui pada 20 Desember 2018 adalah konservasi semua sumber daya melalui produksi, konsumsi, penggunaan kembali, dan pemulihan produk, kemasan, dan bahan secara bertanggung jawab tanpa pembakaran dan tanpa pembuangan ke tanah, air, atau udara yang membahayakan lingkungan atau kesehatan manusia. Sederhananya, *zero waste* berarti tidak ada limbah yang tidak perlu dan tidak diinginkan dari suatu produk pada setiap tahap siklus hidupnya. *Zero waste* mencakup berbagai konsep yang telah dikembangkan untuk sistem pengelolaan limbah berkelanjutan, termasuk menghindari, mengurangi, menggunakan kembali, mendesain ulang, meregenerasi, mendaur ulang, memperbaiki, memproduksi ulang, menjual kembali, dan mendistribusikan kembali sumber daya limbah (Zaman & Lehmann 2013).

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, pada Pasal 1 Ayat 5 menyatakan yang dimaksud dengan Pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah.

Zaman & Lehmann berpendapat bahwa penciptaan sampah menghabiskan sumber daya alam, menggunakan energi dan air, memberikan tekanan pada lahan, mencemari lingkungan, dan pada akhirnya menimbulkan biaya ekonomi tambahan dalam pengelolaannya. Kita perlu bergerak menuju posisi di mana tidak ada pemborosan, hanya transformasi; posisi ini disebut *zero waste* (Zaman & Lehmann 2013).

Di Indonesia, alat ukur *Zero Waste Index (ZWI)* masih kurang dikenal, namun telah ada penelitian ilmiah yang menggunakannya. Contohnya adalah penelitian Widyarsana et al. pada tahun 2021 yang mengukur *ZWI* di Provinsi Bali, kemudian penelitian yang menggunakan metode *ZWI* pada skala kampus (Kasam et al., 2018), serta penelitian yang mengukur pengelolaan sampah di Sekolah Menengah Atas di Bandung (Tariska et al., 2021). Dari sini dapat disimpulkan bahwa *ZWI* adalah alat ukur serbaguna yang fleksibel diterapkan di berbagai kasus pengelolaan sampah, asalkan komposisi material sampah yang dikelola masuk dalam kategori *"Virgin Material"*.

Penelitian Widyarsana et al. (2021) di Provinsi Bali, Indonesia, menghitung *ZWI* dan substitusi energi dari pengelolaan sampah dengan dua skema: optimis (data dasar dan persentase sasaran pengelolaan sampah mengacu pada dokumen kebijakan dan strategi daerah) dan pesimis (data dasar mengacu pada analisis aliran material sampah tanpa peningkatan persentase pengelolaan sampah) dari tahun 2020 hingga 2025. Mereka menyatakan bahwa *ZWI*

adalah terobosan untuk mengukur dan mengevaluasi kinerja pengelolaan sampah, di mana daur ulang menjadi kunci penentu nilainya.

Penelitian Kasam et al. (2021) menghitung nilai *ZWI* untuk mengetahui dampak dan memberikan solusi terhadap program *zero waste* di Kampus FCEP UII. Metode pengambilan sampel yang digunakan mengacu pada SNI 19-3964-1994 tentang penghitungan timbulan sampah perumahan.

Penelitian Tariska et al. (2021) merencanakan pengelolaan sampah dengan pendekatan *zero waste* agar jumlah sampah yang dikirim ke TPA menjadi nol. Perhitungan *ZWI* dilakukan pada skala sekolah, di mana hasil *ZWI* digunakan untuk evaluasi dan sebagai dasar perencanaan pengelolaan sampah di masa depan. Pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode analisis load count.

METODE PENELITIAN

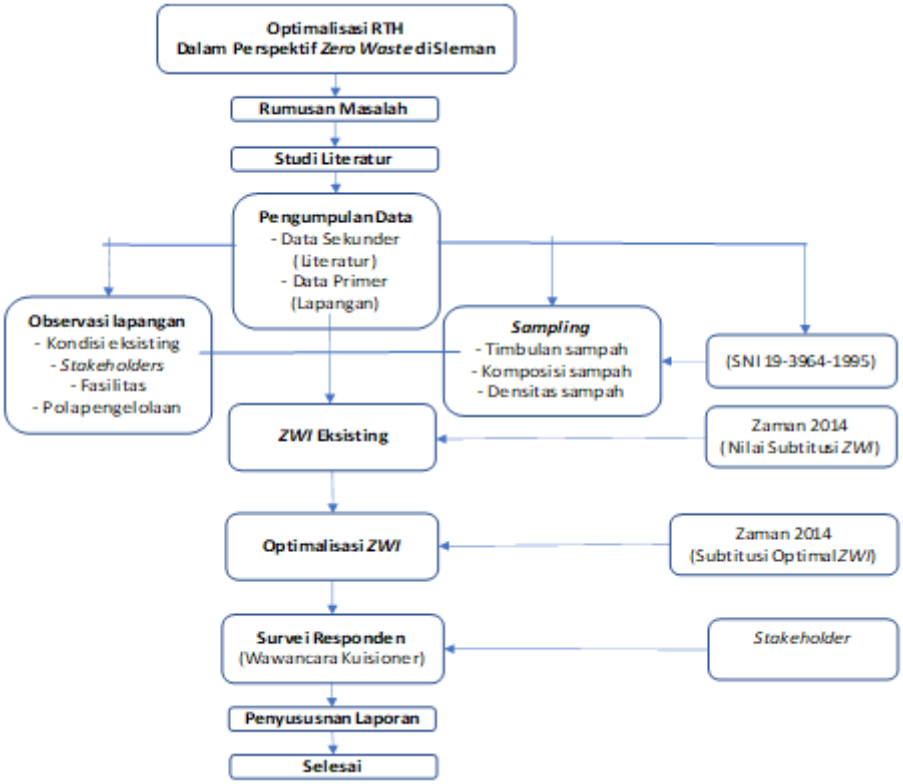
Lokasi penelitian ini dipilih karena terletak di pusat kota Sleman, tepatnya di Taman RTH Denggung, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (koordinat 7°43'16.2"S 110°21'38.1"E). Lokasi ini merupakan kawasan RTH terbesar dengan luas area 22.400 m² yang dikelola oleh Pemerintah Kabupaten Sleman. Penelitian dilakuan dalam bulan Januari sampai April 2024. Dipilihnya lokasi ini karena titiknya yang strategis, diharapkan dapat menjadi kampanye brand image baru bagi prestasi Kabupaten Sleman dalam menangani masalah lingkungan secara berkelanjutan.

Penelitian dilakukan menggunakan metode kombinasi kualitatif dan kuantitatif. Metode sampling diterapkan untuk mengumpulkan data mengenai jumlah timbulan sampah yang nantinya akan digunakan untuk identifikasi perencanaan dan pengelolaan sampah (SNI 19-3964-1995).

Data sampling ini menjadi dasar dalam perhitungan kuantitatif *Zero Waste Index (ZWI)*, yang berfungsi sebagai alat penilaian kinerja pengelolaan sampah. Alat ini membantu menentukan nilai indeks dasar pengelolaan sampah yang dicapai oleh objek penelitian, yang kemudian digunakan sebagai dasar strategi optimalisasi dan evaluasi. Selanjutnya, dari hasil temuan dan optimalisasi *ZWI*, survei kuesioner dilakukan untuk memperoleh pandangan masyarakat dan menentukan strategi prioritas yang tepat dalam penerapan konsep zero waste di masa mendatang.

Keterangan: Lokasi
Sumber: Google maps 2024, 7°43'16.2"S 110°21'38.1"E

Gambar 1. Lokasi penelitian



Keterangan: Alur penelitian
Sumber: Penulis 2024

Gambar 2. Alur penelitian

Prosedur Analisis Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder untuk menilai penerapan konsep *zero waste* dalam pengelolaan sampah di RTH Denggung. Studi literatur dari jurnal-jurnal relevan mengenai *zero waste* digunakan untuk mencari metode ilmiah yang

tepat dalam menghitung timbulan sampah dan indeks *zero waste*. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi strategi pengelolaan sampah yang sesuai dengan jenis dan komposisi sampah pada objek penelitian.

1. Timbulan sampah

Timbulan sampah mengacu pada jumlah sampah yang dihasilkan oleh masyarakat dalam bentuk volume per hari per individu, luas bangunan, atau panjang jala (SNI 19-2454-2002). Data mengenai timbulan sampah memegang peran penting dalam perencanaan dan pelaksanaan program *zero waste*. Informasi ini juga berperan dalam memonitor kemajuan dan keberhasilan dari upaya-upaya yang dilakukan dalam merancang strategi pengelolaan sampah yang efektif untuk mencapai tujuan *zero waste*.

Pengambilan data timbulan sampah dan komposisi sampah dilakukan dengan mengambil sampel dari lokasi penelitian. Sampel ini kemudian diukur volumenya, ditimbang beratnya, dan dianalisis komposisinya (SNI 19-3964-1995). Pengukuran dan perhitungan contoh timbulan sampah harus mengikuti ketentuan (SNI 19-3964-1995) satuan yang digunakan dalam pengukuran timbulan sampah adalah sebagai berikut:

1. volume basah (asal) : liter/unit/hari
2. berat basah (asal) : kilogram/unit/hari

satuan yang digunakan dalam pengukuran komposisi sampah adalah dalam % berat basah/asal. Metode pengukuran *sampling* diukur volumenya dengan wadah pengukur dan ditimbang beratnya sesuai dengan komposisi sampah.

Volume dan berat timbulan sampah dirumuskan seperti pada **(persamaan 1).**

$$Timbulan\ sampah = \frac{total\ Jumlah\ sampah}{hari\ sampling}$$

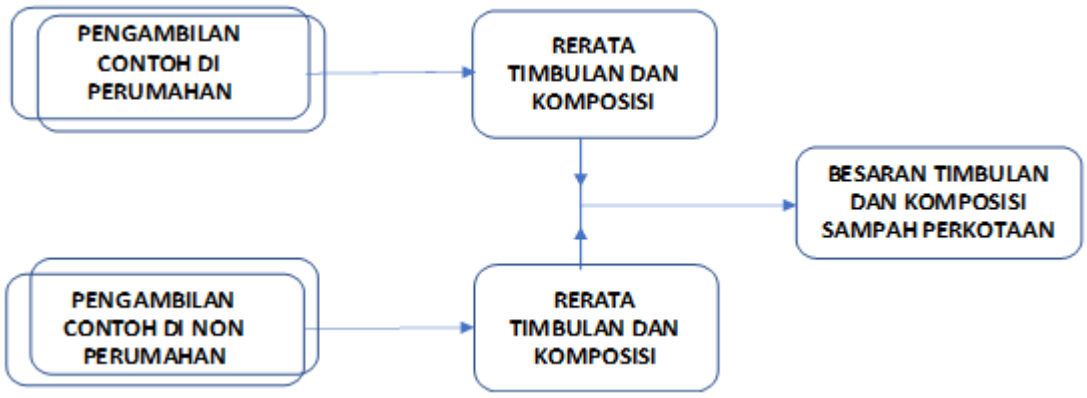
……(1)

dimana:

timbulan sampah = berat rata-rata dari total jumlah sampah per hari yang dilakukan pengukuran dalam satuan (kg/hari)
total jumlah sampah = jumlah total sampah selama 8 hari observasi (kg/hari)
hari sampling = jumlah hari observasi pengukuran

2. Komposisi sampah

Komponen komposisi sampah adalah komponen fisik sampah seperti sisa-sisa makanan, kertas-karton, kayu, kain-tekstil, karet-kulit, plastik, logam besi-non besi, kaca dan lain-lain, misalnya tanah, pasir, batu, keramik, sampah yang terkumpul dipilah berdasarkan jenis komponen (SNI 19-3964-1995).



Keterangan: *Sampling*
Sumber: SNI 19-3964-1995

Gambar 3. Langkah-langkah sampling

Persentase komposisi setiap jenis sampah dihitung dengan membagi berat masing-masing komponen dengan total berat sampah, satuan yang digunakan dalam pengukuran komposisi sampah adalah dalam % berat basah/asal. Komposisi sampah dapat dirumuskan seperti pada **(persamaan 2)**.

$$Komposisi\ sampah = \frac{berat\ X\ (kg)}{berat\ sampah\ total\ (kg)}\ X\ 100\%$$

……..(2)

X *= jenis komponen sampah*

Perhitungan di atas digunakan untuk mengetahui persentase setiap jenis komponen sampah.

3. Densitas sampah

Analisis densitas (kepadatan sampah) bertujuan untuk menentukan sistem pengumpulan yang sesuai. Densitas sampah dapat dirumuskan seperti pada **(persamaan 3).**

Rumus densitas sampah

dimana:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

ρ = densitas sampah (kg/m3)
m = berat sampah (kg)
v = volume sampah (m3)

$$Densitas\ sampah = \frac{berat\ sampah\ (kg)}{volume\ sampah\ (m^3)}$$

……....(3

Dengan mengetahui densitas atau kepadatan sampah di area penelitian, diharapkan pemerintah dan lembaga terkait dapat mengembangkan strategi yang lebih efektif untuk pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan sampah. Data ini juga membantu dalam perencanaan pembangunan fasilitas pengelolaan sampah yang sesuai dengan kapasitas dan kebutuhan daerah tersebut. Selain itu, pemahaman yang lebih baik tentang densitas sampah memungkinkan evaluasi terhadap efisiensi program-program pengurangan sampah dan keberlanjutan lingkungan secara keseluruhan.

4. Indeks *Zero Waste* (ZWI)

Zero Waste Index (ZWI) dihadirkan sebagai alat penilaian kinerja pengelolaan sampah alternatif untuk sistem pengelolaan sampah. *ZWI* adalah indikator untuk mengukur dan membandingkan penggantian material baru dengan sistem pengelolaan *zero waste* perkotaan. Selain itu, *ZWI* mengukur konservasi energi, material, dan air melalui upaya daur ulang, bukan sekadar mengukur limbah yang dialihkan dari tempat pembuangan sampah (Zaman 2014).

Selain alat ukur *ZWI* ada juga alat ukur lain yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pengalihan sampah, namun parameter *zero waste index* melalui hasil kajian, *ZWI* merupakan alat ukur yang paling sekaligus mempunyai banyak kelebihan selain mengukur *ZWI* juga dapat sekaligus data subtitusi energi, pengurangan gas ruma kaca dan data penghematan air. Tingkat pengalihan dapat didefinisikan sebagai persentase total sampah yang dialihkan dari pembuangan di tempat pembuangan sampah yang diizinkan dan fasilitas transformasi seperti insinerasi, dan sebaliknya diarahkan ke program pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pengomposan (*CalRecycle* 2012). laju pengalihan sampah dapat dirumuskan seperti pada **(persamaan 4).**

Tingkat pengalihan sampah

$$\text{Diversion rate} = \frac{\text{Weight of recyclables}}{\text{Weight of garbage + Weight of recyclables}} \text{ X } 100\%$$

……(4)

recyclables = sampah yang digunakan kembali, didaur ulang, dibuat kompos.

garbage = sampah yang ditimbun atau dibakar.

ZWI dipilih sebagai metode pada penelitian ini karena telah terbukti dapat memperkirakan potensi penghematan energi, gas rumah kaca (GRK) dan air akibat pemulihan

sumber daya dari limbah padat perkotaan di Adelaide, San Francisco dan Stockholm. Terbukti bahwa *ZWI* merupakan alat inovatif untuk menilai kinerja pengelolaan sampah dan substitusi material oleh sistem pengelolaan sampah di berbagai kota (Zaman & Lehmann 2013). *ZWI* dapat dirumuskan seperti pada **(persamaan 5).**

Indeks *zero waste* (*ZWI*)

$$\text{Zero Waste Index (ZWI)} = \frac{\sum \text{potential amount of waste managed} * \text{substitution factor for the system}}{\text{Total amount of waste generated and managed}}$$

$$\text{ZWI} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\text{WMSij} * \text{SFij})}{\sum_{1}^{n} \text{GWS}} \quad \text{.....} \quad (5)$$

WMSi = jumlah sampah yang dikelola oleh sistem i (yaitu i = 1, 2, 3 … n = jumlah sampah yang dihindari, didaur ulang, diolah, dan sebagainya)

SFi = Faktor substitusi untuk sistem pengelolaan limbah yang berbeda berdasarkan efisiensi penggantian bahan bakunya

GWS = Jumlah total sampah yang dihasilkan (ton dari seluruh aliran sampah)

Tabel 1. Nilai subtitusi *ZWI*

Waste management systems	Waste category	Virgin material substitution efficiency (tonnes)	Energy substitution efficiency (GJLHV/tonne)	GHG emissions reduction (CO_2e/tonne)	Water saving (kL/tonne)
Recycling	Paper	0.84–1.00	6.33–10.76	0.60–3.20	2.91
	Glass	0.90–1.00	6.07–6.85	0.18–0.62	2.30
	Metal	0.79–0.96	36.09–191.42	1.40–17.8	5.97-181.77
	Plastic	0.90–0.97	38.81–64.08	0.95–1.88	−11.37
	Mixed	0.25–0.45	5.00–15.0	1.15	2.0–10
Composting	Organic	0.60–0.65	0.18–0.47	0.25–0.75	0.44
Landfill	Mixed	0.00	0.00–0.84	(−)0.42–1.2	0.00

Sumber: Zaman 2014

Tabel 1 menunjukkan nilai substitusi aliran limbah untuk berbagai sistem pengelolaan limbah. Enam kategori sampah utama dipertimbangkan berdasarkan ketersediaan data sampah pada objek penelitian dengan 3 pilihan sistem pengelolaan.

Nilai positif mewakili penghematan dan nilai negatif mewakili permintaan atau deplesi. Persamaan tersebut menggunakan nilai substitusi sumber daya dari limbah berdasarkan efisiensi pemulihan sumber daya untuk aliran limbah yang berbeda. Nilai substitusi mengacu

pada tingkat substitusi sumber daya perawan (*virgin material*), yaitu efisiensi pemulihan bahan perawan dari aliran limbah seperti kertas, plastik, logam, campuran dan sebagainya. Berdasarkan kemajuan teknologi sehubungan dengan efisiensi pemulihan sumber daya dan jenis limbah, tingkat pemulihan sumber daya dapat berkisar dari rendah hingga sangat tinggi (Zaman 2013).

2.3. Analisis data

Analisis terhadap data primer maupun sekunder dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Analisa kuantitatif dilakukan terhadap hasil pengukuran/pengambilan *sampling* timbulan sampah di RTH Denggung yang meliputi perhitungan timbulan sampah, komposisi sampah, densitas sampah yang kemudian menghitung nilai *ZWI* berdasarkan rujukan teori standar literatur ilmiah yang relevan.

Sedangkan analisis kualitatif/deskriptif dilakukan pada hal-hal yang tidak terukur misalnya hasil wawancara terkait *crosscheck* pendalaman informasi kepada lembaga pengelola sampah RTH Denggung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap akhir evaluasi dilakukan setelah terkumpulnya data kompilasi data primer dan data sekunder sehingga dapat hasil untuk mengetahui dan merencanakan strategi pengelolaan sampah menuju *zero waste* dengan mengkaji tingkat efektivitas yang melibatkan penilaian terhadap keberhasilan dalam mengurangi, mendaur ulang, dan memproses sampah secara efisien.

Rangkaian penelitian ini melibatkan *stakeholder* terkait di lapangan yang terdiri dari dari pengelola RTH Denggung, pengelola PKL, pedagang kaki lima (PKL), petugas kebersihan dan pengunjung untuk menggali informasi terkait kondisi eksisting objek penelitian dan mencermati lebih dalam masalah persampahan yang dihadapi.

RTH Taman Denggung memiliki luas area 22.400 m² yang dikelola oleh Pemerintah Kabupaten Sleman. Kondisi umum eksisting RTH Taman Denggung hampir setiap harinya didatangi pengunjung dari semua kalangan, mulai dari anak-anak, remaja dan para orang tua karena lokasinya yang strategis dan adanya daya tarik fasilitas yang ditawarkan yaitu area bermain taman layak anak dan taman layak lansia. Waktu yang paling banyak pengunjungnya adalah di hari libur sabtu-minggu mulai sore hari hingga malam, karena di waktu tersebut PKL beroperasi, namun jumlah pengunjung akan berkurang drastis apabila cuaca hujan.

Data Jumlah PKL, jumlah petugas kebersihan, jam operasional petugas, dan fasilitas yang ada di RTH Denggung adalah sebagai berikut:

Tabel 2. PKL dan petugas pengumpul sampah.

No.	Sumber Lokasi Sampah	Jumlah Pelaku	Media Alat	Pihak Penaggungjawab	Jenis Sampah	Hari Operasional	Jam (WIB) Operasional
1	Sampah PKL Utara Lapangan	40 PKL	Kotak sampah	Pengelola PKL	Kemasan Jajanan/sisa	Senin-Minggu	16.00 - 23.00
2	Sampah PKL Barat Lapangan	20 PKL	Kotak sampah	Pengelola PKL	Kemasan Jajanan/sisa	Sabtu-Minggu	08.00 - 23.00
3	Pengangkut sampah PKL	3 Orang	Truck engkel	Pengelola PKL	Sampah PKL	Senin-Jum'at	Optional
4	Sampah sapuan daun kawasan	10 Petugas	Sapu/gerobak	DLH Sleman	Guguran daun /ranting	Senin-Minggu	05.00 - 07.00
5	Pengangkut sampah	4 Petugas	Dump Truck	DLH Sleman	Guguran daun /ranting	Senin-Jum'at	09.00 - 10.00

Sumber: Observasi lapangan

Dari observasi lapangan diketahui sebaran sampah yang timbul di tengah lapangan Denggung lebih banyak didominasi dari sumber sampah PKL utara karena waktu operasionalnya juga buka setiap hari mulai dari pukul 16.00 WIB - 23.00 WIB dengan jumlah lapak usaha pedagang sebanyak 40 lapak dagangan, sedang PKL barat hanya beroperasi di hari sabtu dan minggu dengan jumlah 20 pedagang dengan jam operasional pukul 08.00 WIB - 23.00 WIB namun apabila cuaca hujan maka ada PKL yang tidak hadir untuk berdagang, dengan demikian PKL barat tidak signifikan menyumbang penyebaran sampah.

1. Sumber timbulan sampah

Dari pemantauan di lapangan ada 2 (dua) sumber timbulan sampah yaitu sampah yang timbul dari aktivitas pedagang PKL dan sampah dedaunan yang berasal dari guguran pepohonan di area RTH Denggung.

Tabel 3. Karakteristik dan rantai penyebaran sampah PKL

No	Tipe	Prilaku	Tujuan	Dampak
1	Pedagang PKL	Menjual makanan cepat saji (Jajanan)	Sirkular ekonomi	Produk sampah kemasan
2	Anak-anak	Bermain sambil makan minum	Memanfaatkan fasilitas Taman Layak Anak	sampah ditinggalkan
3	Orang Tua	Menemani anak sambil Jajan	Menemani anak	sampah ditinggalkan
4	Pasangan	Jajan dan nongkrong di Lapangan	Rekreasi	sampah ditinggalkan
5	Kelompok muda mudi	Jajan dan nongkrong di Lapangan	Rekreasi	sampah ditinggalkan
6	Sekeluarga	Jajan dan nongkrong di Lapangan	Rekreasi	sampah ditinggalkan

Sumber: Observasi lapangan, 2024

Penanggung jawab pengelolaan sampah di RTH Denggung dilakukan terpisah berdasarkan asal sumbernya, untuk sampah daun dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Sleman (DLH), sedangkan untuk sampah PKL pengelolaanya dilakukan oleh pengelola paguyuban PKL Denggung, dengan menyewa jasa pengangkut sampah swasta.

Tabel 4. Jumlah PKL dan petugas pengumpul sampah

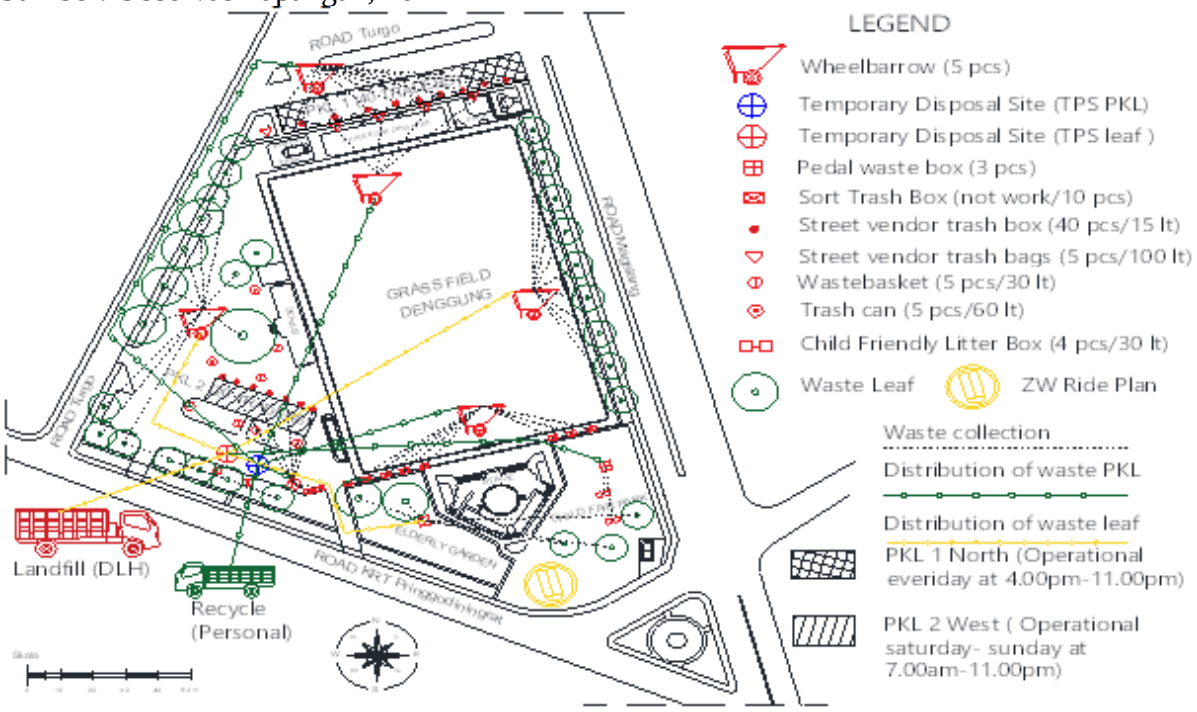
No.	Sumber Lokasi Sampah	Jumlah Pelaku	Media Alat	Pihak Penaggungjawab	Jenis Sampah	Hari Operasional	Jam (WIB) Operasional
1	Sampah PKL Utara Lapangan	40 PKL	Kotak sampah	Pengelola PKL	Kemasan Jajanan/sisa	Senin-Minggu	16.00 - 23.00
2	Sampah PKL Barat Lapangan	20 PKL	Kotak sampah	Pengelola PKL	Kemasan Jajanan/sisa	Sabtu-Minggu	08.00 - 23.00
3	Pengangkut sampah PKL	3 Orang	Truck engkel	Pengelola PKL	Sampah PKL	Senin-Jum'at	Optional
4	Sampah sapuan daun kawasan	10 Petuga:	Sapu/gerobak	DLH Sleman	Guguran daun /ranting	Senin-Minggu	05.00 - 07.00
5	Pengangkut sampah	4 Petugas	Dump Truck	DLH Sleman	Guguran daun /ranting	Senin-Jum'at	09.00 - 10.00

Sumber: Observasi lapangan, 2024

menunjukan rata-rata timbulan sampah PKL 70,44 kg/hr, sedangkan rata-rata timbulan sampah guguran daun pohon 284,61 kg/hr, sampling ini dilakukan dengan catatan cuaca yang cenderung hujan, dimana membuat timbulan sampah PKL menurun karena berkurangnya jumlah pengunjung yang berdampak dengan berkurangnya volume sampah karena berkurangnya aktivitas jual beli antara pedagang (sumber sampah) dengan pengunjung.

1. Pengambilan data timbulan sampah mengacu pada SNI 19-3964-1995. Pengambilan data timbulan sampah dilakukan selama 8 hari berturut-turut dari tanggal 28 Februari sampai 6 Maret 2024 di pagi hari sebelum sampah dibuang keluar kawasan. Lokasi pengukuran timbulan sampah adalah dititik pengumpulan, lokasi dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Berikut langkah-langkah pengambilan data timbulan sampah:
2. Mengukur dan mencatat jumlah volume sampah yang terkumpul setiap harinya di pagi hari waktu dilakukan pengangkutan dengan mengukur volume sampah yang dimuat ke dalam bak *Dump truck* untuk sampah dedaunan dan truk engkel untuk sampah PKL
3. Pengukuran volume timbulan sampah sampah dilakukan selama 8 hari berturut-turut.
4. Timbang dan mencatat berat dan volume sampah dari masing-masing sumber. Ambil masing-masing jenis sampah dari masing-masing sumber dan masukan kedalam kotak pengukur dengan ditekan agar padat baru kemudian ditimbang.

Keterangan: Alur kelola sampah RTH Denggung
Sumber: Observasi lapangan, 2024



Gambar 4. Alur pengelolaan sampah

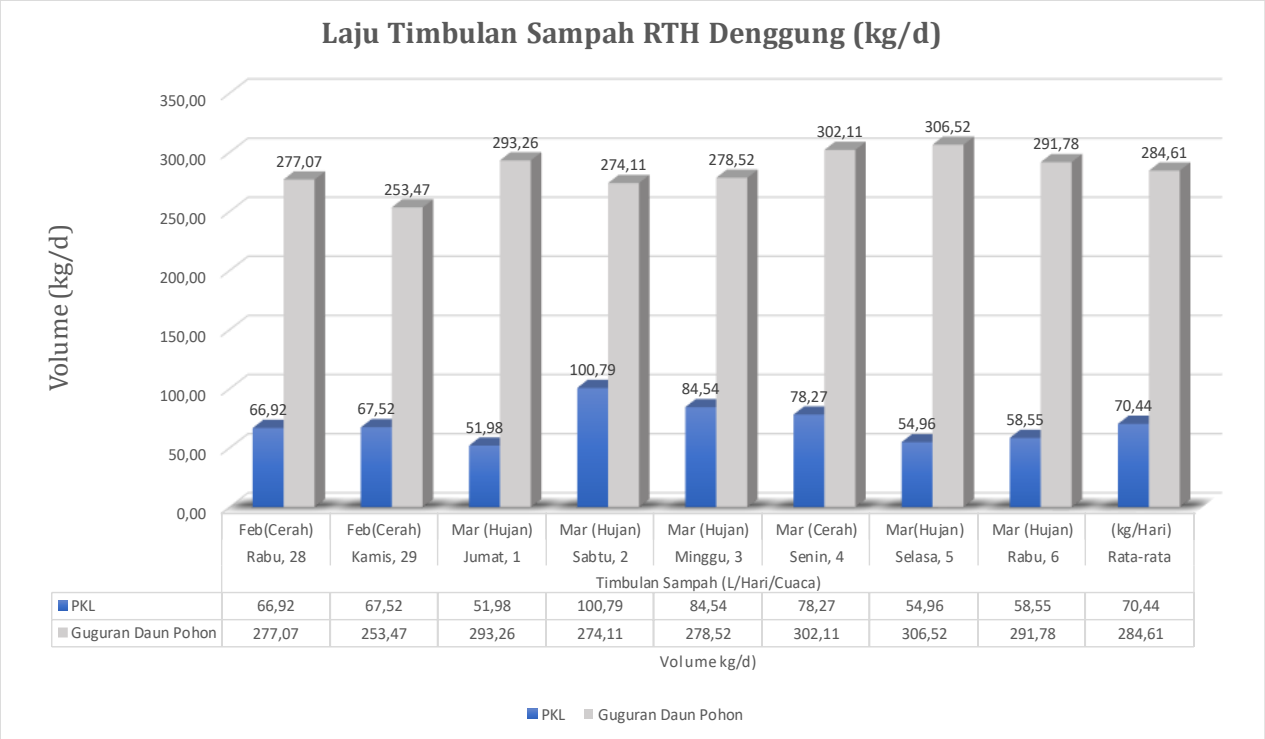
Tabel 5. laju timbulan sampah

Sumber	Timbulan Sampah (L/Hari/Cuaca)								
	Rabu, 28 Feb(Cerah)	Kamis, 29 Feb(Cerah)	Jumat, 1 Mar (Hujan)	Sabtu, 2 Mar (Hujan)	Minggu, 3 Mar (Hujan)	Senin, 4 Mar (Cerah)	Selasa, 5 Mar(Hujan)	Rabu, 6 Mar (Hujan)	Rata-rata (kg/Hari)
PKL	66,92	67,52	51,98	100,79	84,54	78,27	54,96	58,55	70,44
Guguran Daun Pohon	277,07	253,47	293,26	274,11	278,52	302,11	306,52	291,78	284,61

Sumber: Observasi lapangan, 2024

Laju timbulan sampah dedaunan di RTH Denggung memiliki rentang 277,07 – 306,52 kg/hari, sedang rentang sampah PKL dari 51,59-100,79 kg/hari. Volume timbulan tertinggi

terjadi pada hari Senin, 4 April 2024 dengan total kedua sumber timbulan 380,38 kg/hari, hal ini terjadi karena cuaca cerah.



Keterangan: Volume *Timbulan sampah daun dan PKL*
Sumber: SNI 19-3964-1995

Gambar 5. laju timbulan sampah

2. Komposisi sampah

Dengan mengidentifikasi komposisi sampah, kita dapat mengetahui jenis sampah yang paling dominan atau yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total sampah yang dihasilkan di RTH Denggung. Pengetahuan tentang jenis sampah yang dominan memungkinkan penentuan prioritas dalam upaya mengurangi produksinya melalui pendekatan seperti kampanye kesadaran masyarakat, penggunaan kembali, atau penggunaan kemasan yang ramah lingkungan.

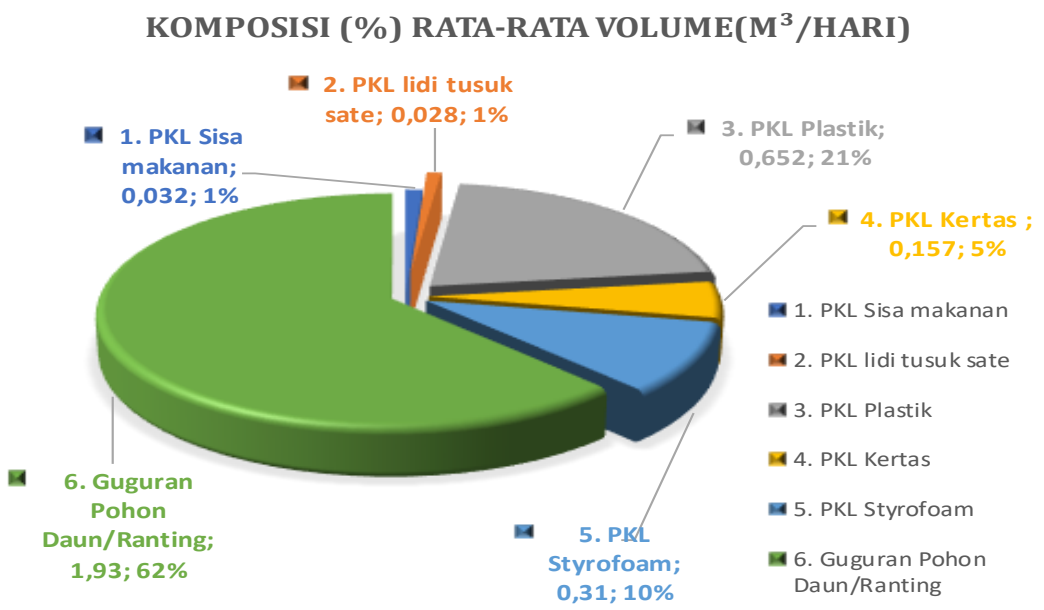
Hasil identifikasi komposisi sampah di RTH Denggung yang dilakukan selama delapan hari berturut-turut menunjukkan bahwa sampah daun merupakan komposisi terbesar (62,09%). Selanjutnya adalah sampah plastik (20,96%) dan sampah *styrofoam* (9,97%) yang berasal dari kemasan makanan yang dijual oleh pedagang kaki lima.

Tabel 6. Hasil sampling komposisi sampah

No	Sumber	Komposisi	Rata-rata		
			Berat(kg)	Volume(m^3/Hari)	Prosentase
1.	PKL	Sisa makanan	3,56	0,032	1,03%
2.		lidi tusuk sate	3,08	0,028	0,90%
3.		Plastik	37,52	0,652	20,96%
4.		Kertas	13,55	0,157	5,05%
5.		Styrofoam	12,73	0,31	9,97%
6.	Guguran Pohon	Daun/Ranting	284,61	1,93	62,09%
Total			355,05	3,11	100%

Sumber: Observasi lapangan, 2024

Berdasarkan data komposisi sampah dalam penelitian ini, kita dapat memperoleh wawasan mendalam tentang jenis-jenis sampah di lokasi tersebut. Penting dicatat bahwa sampah dari pedagang kaki lima (PKL) dikelola oleh pihak swasta, dimana sampah yang masih bisa diolah dan memiliki nilai jual, seperti plastik, *Styrofoam*, dan kertas, akan dipisahkan. Sementara itu, sampah daun dari guguran pohon dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan.



Keterangan: Komposisi sampah RTH Denggung
Sumber: Observasi lapangan, 2024

Gambar 6. Komposisi Sampah

3. Densitas sampah

Penelitian ini mengukur densitas sampah dalam kilogram per meter kubik (kg/m³), yang mencerminkan berat sampah per unit volume. Observasi menunjukkan bahwa densitas sampah bervariasi berdasarkan karakteristik jenis sampah. Sampah daun/ranting memiliki densitas tertinggi, sementara sampah *Styrofoam* dari pedagang kaki lima (PKL) memiliki densitas terendah. Informasi ini penting untuk memahami cara mengelola sampah guna memaksimalkan kapasitas penampungan dan meningkatkan efisiensi pengangkutan sampah.

Tabel 7. Hasil sampling densitas sampah

No	Sumber	Komposisi	Rata-rata		
			Berat(kg)	Volume(m^3/Hari)	Densitas(kg/m^3)
1.	PKL	Sisa makanan	3,56	0,032	111,25
2.		lidi tusuk sate	3,08	0,028	110,00
3.		Plastik	37,52	0,652	57,55
4.		Kertas	13,55	0,157	86,31
5.		*Styrofoam*	12,73	0,31	41,06
	Volume Sampah PKL			**1,18**	
6.	**Guguran Pohon**	Daun/Ranting	284,61	**1,93**	549,58
	Total volume sampah			**3,11**	

Sumber: Observasi lapangan, 2024

Densitas sampah bervariasi berdasarkan jenisnya. Dari total volume sampah harian sebesar 3,11 m³, sebagian besar berasal dari guguran pohon dengan volume 1,93 m³ dan densitas tertinggi sebesar 549,58 kg/m³. Sebaliknya, sampah dari pedagang kaki lima (PKL) memiliki densitas terendah pada *styrofoam* sebesar 41,06 kg/m³, dan densitas tertinggi pada sisa makanan mencapai 111,25%. Data densitas sampah ini memungkinkan kita memahami seberapa padat atau banyak sampah yang terakumulasi di lokasi penelitian.

4. Indeks Zero Waste

Menggunakan alat ukur *Zero Waste Index (ZWI)* memungkinkan pengukuran dan penilaian kinerja pengelolaan sampah dalam mencapai tujuan zero waste. Dalam penelitian ini, *ZWI* digunakan sebagai alat untuk mentransformasi data komposisi dan densitas sampah guna mencapai tujuan *zero waste*. *ZWI* menjadi alat serba guna untuk mengidentifikasi, mengurangi, dan menggantikan sampah yang dihasilkan.

Tabel 8. Hasil perhitungan *ZWI* RTH Denggung

Location	Waste management system	Waste category	Volume weight(kg)	Coefficient substitution	Virgin material substitution efficiency (kg)	Energy substitution efficiency(Mj)	GHG emissions reduction (CO_2e/kg)	Water saving (L)
Denggung Park	Recycling	Paper	13,55	0,84	11,38	85,77	8,13	39,43
		Plastic	37,52	0,90	33,77	1456,15	35,64	-426,60
		Mixed	12,73	0,25	3,18	63,65	14,64	25,46
	Composting	Organic	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
	Landfill	leftovers	3,56	0,00	0,00	0,00	-1,50	0,00
		Skewer sticks	3,08	0,00	0,00	0,00	-1,29	0,00
		leaf	284,61	0,00	0,00	0,00	-119,54	0,00
	Total		**355,05**		**48,33**	**1605,57**	**-63,91**	**-361,71**
Existing ZWI	**0,14**							

Sumber: Observasi lapangan, 2024

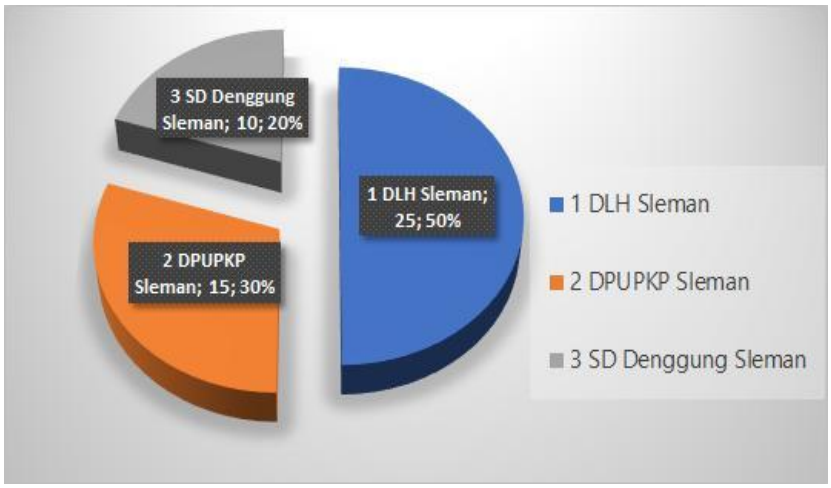
Tabel 8. menampilkan hasil perhitungan *Zero Waste Index (ZWI)* untuk RTH Denggung. *ZWI* diperoleh dari perkalian setiap komposisi limbah dengan faktor substitusi, menggunakan asumsi efisiensi terendah berdasarkan **Tabel 1.** Total nilai faktor substitusi kemudian dibagi dengan total timbulan sampah, menghasilkan nilai *ZWI* sebesar 0,14. Rendahnya nilai *ZWI* juga disebabkan oleh ketiadaan nilai substitusi atau pemulihan dari pengomposan, dengan potensi penghematan energi sebesar 1606 Mj. Namun, nilai ini belum mengurangi emisi gas rumah kaca karena menghasilkan nilai negatif -64 CO_2/kg dan belum melakukan penghematan air dengan nilai negatif -362 l/kg. Artinya, kondisi pengelolaan sampah di RTH Denggung masih memerlukan upaya *3R (Reduce, Reuse, Recycle)* lebih lanjut, baik melalui pencegahan pembuangan sampah daun ke TPA, pengomposan, maupun daur ulang material sampah secara optimal, untuk mencapai nilai standar *zero waste* yang optimal. Hasil ini menunjukkan bahwa tanpa kebijakan dan upaya pemulihan pengelolaan sampah yang strategis, tujuan untuk mencapai *zero waste* tidak akan tercapai.

5. Panduan Optimalisasi

a) Survei inventaris *zero waste*

Survei ini menggunakan kuesioner yang disusun berdasarkan rekomendasi dari penelitian Atiq Uz Zaman tentang *zero waste*, sehingga langkah-langkah yang diambil sejalan dengan tujuan optimalisasi *zero waste*. Sebanyak 50 responden berpartisipasi dalam survei ini, terdiri dari 25 responden dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman, 15 responden dari Dinas

Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman, serta 10 responden dari Guru SD Denggung. Dari total responden, 63% adalah laki-laki dan 37% perempuan. Sebanyak 10% responden berusia 18–35 tahun, sementara 90% lainnya berusia 35–65 tahun.



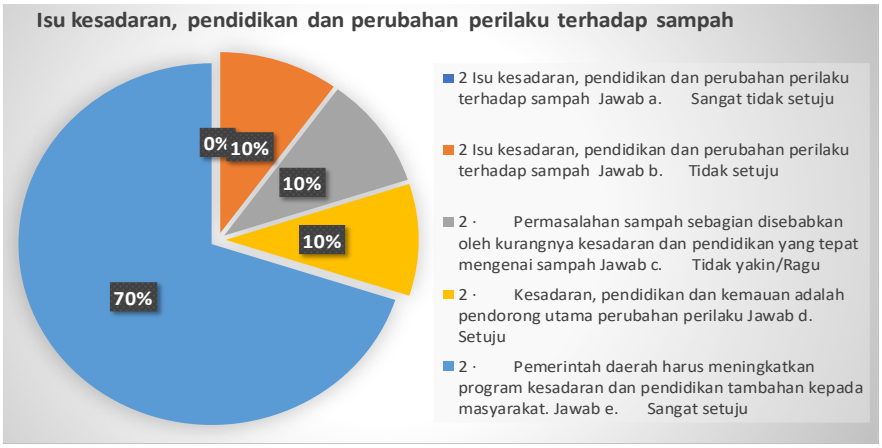
Keterangan: Survei program zero waste

Sumber: Observasi lapangan, 2024

Gambar 7. Afiliasi Responden

Tingkat respons bervariasi terhadap 10 isu yang diangkat, namun terdapat dua isu utama yang mendapat tanggapan paling besar dan positif. Isu terkait kesadaran, pendidikan, dan perubahan perilaku terhadap sampah mendapat 35 tanggapan sangat setuju, atau sebesar 70%. Isu-isu tersebut mencakup pertanyaan:

1. Permasalahan sampah sebagian disebabkan oleh kurangnya kesadaran dan pendidikan yang tepat mengenai sampah.
2. Kesadaran, pendidikan, dan kemauan adalah pendorong utama perubahan perilaku.
3. Pemerintah daerah harus meningkatkan program kesadaran dan pendidikan tambahan kepada masyarakat.



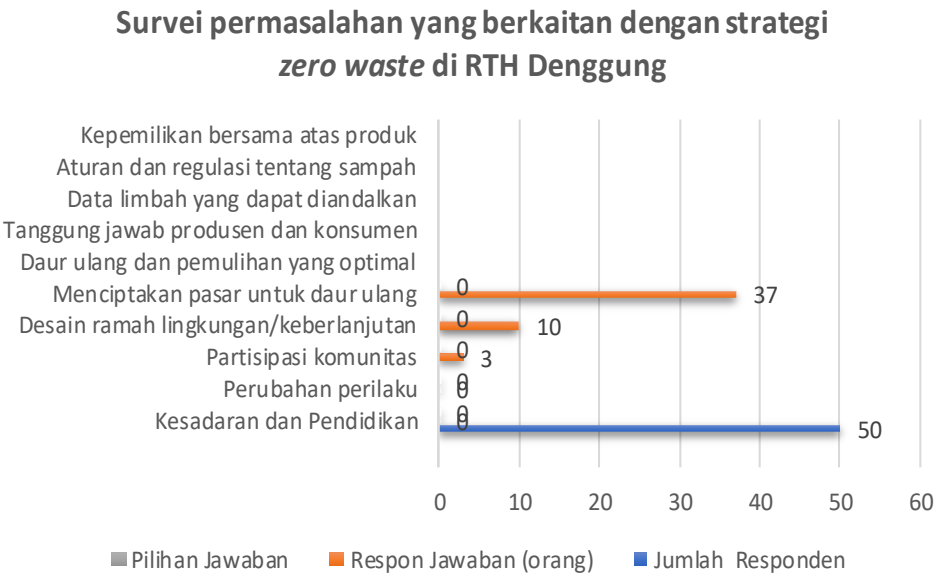
Keterangan: Prioritas isu yang banyak di respon positif

Sumber: Observasi lapangan, 2024

Gambar 8. Prioritas isu potensial 2

Isu dominan lainnya yang mendapat perhatian serius dan tanggapan paling positif adalah permasalahan yang terkait dengan strategi prioritas *zero waste* di RTH Taman Denggung. Sebanyak 37 responden (74%) menyatakan sangat setuju terhadap isu ini, yang mencakup pertanyaan mengenai:

1. Kesadaran dan Pendidikan,
2. Perubahan perilaku,
3. Partisipasi komunitas,
4. Desain ramah lingkungan/keberlanjutan,
5. Menciptakan pasar untuk daur ulang,
6. Daur ulang dan pemulihan yang optimal,
7. Tanggung jawab produsen dan konsumen,
8. Data limbah yang dapat diandalkan,
9. Aturan dan regulasi tentang sampah, dan
10. Kepemilikan bersama atas produk (tanggung jawab bersama).



Keterangan: Prioritas isu yang banyak di respon positif
Sumber: Observasi lapangan, 2024

Gambar 9. Prioritas isu potensial 1

Untuk 8 (Delapan) isu lainnya tidak terlalu signifikan mendapat respon positif dari total 50 responden, berikut hasil keseluruhan 10 isu pembobotan survei kusioner responden:

1. Tingkat kepedulian terhadap permasalahan lingkungan hidup hanya mendapat respon 30% sangat peduli,
2. Isu kesadaran, pendidikan dan perubahan perilaku terhadap sampah mendapat respon 70% sangat setuju,
3. Isu terkait penghindaran sampah mendapat respon 40% sangat setuju,
4. Isu terkait pengumpulan sampah mendapat respon 6% sangat setuju,
5. Permasalahan terkait daur ulang sampah dan kebijakan peraturan mendapat respon 40% ragu/tidak yakin,
6. Permasalahan terkait dengan munculnya teknologi pengolahan limbah di RTH Taman Denggung mendapat respon 66% tidak yakin/ragu,
7. Permasalahan terkait TPA = 40% tidak setuju,
8. Isu terkait kebijakan pengelolaan mendapat respon 80% tidak yakin/ragu,
9. Isu terkait *zero waste* mendapat respon 35% tidak yakin/ragu,
10. Permasalahan yang berkaitan dengan bidang prioritas strategi *zero waste* di RTH Taman Denggung mendapat respon 74% sangat penting.

Dengan adanya hasil evaluasi survei kuisioner diatas maka barulah dapat menerapkan strategi untuk memgoptimalkan program dan tujuan *zero waste* yang ingin dicapai.

b) Survei inventaris wahana edukasi *zero waste*

Survei ini adalah satu rangkaian upaya untuk menjawab isu dominan pada survei sebelumnya yang telah mendapat perhatian serius terkait bidang prioritas strategi *zero waste* di RTH Taman Denggung yakni tentang desain ramah lingkungan/keberlanjutan. Survei tambahan ini dilakukan di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman dengan melibatkan 20 responden dan di Sekolah Dasar Denggung yang dikuti oleh anak-anak kelas IV.a sebanyak 25 anak, survei ini dilakukan di sekolah terdekat dengan obyek penelitian agar nantinya anak-anak Denggung dapat mengikuti mengamati proses perkembangan program *zero waste (ZW)* dilingkungannya. Diharapkan juga kelak mereka dapat menjadi agen-agen perubahan menuju *zero waste*.

Untuk memilih ruang terbuka atau elemen taman (furnitur perkotaan), tempat yang cocok harus dipilih dengan mempertimbangkan bagaimana orang akan menggunakan ruang yang dirancang itu. Oleh karena itu, penting untuk memutuskan elemen mana yang akan bekerja paling baik, serta berapa banyak yang dibutuhkan dan di mana menempatkannya (Sahin CK et al. 2022).

Kriteria atau faktor penentu area sarana edukasi *zero waste* sebagai berikut:

1. **Accessibility**, Lokasi yang dipilih harus mudah diakses oleh masyarakat umum, memastikan bahwa dapat menarik berbagai jenis pengunjung, termasuk keluarga, siswa, dan anggota masyarakat. Aksesibilitas ini memfasilitasi keterlibatan dengan materi edukasi dan kegiatan terkait praktik *zero waste*.
2. **Visibility**, Area yang dipilih harus terlihat jelas di dalam RTH untuk memaksimalkan dampaknya. Keterlihatan ini dapat ditingkatkan melalui penempatan strategis di dekat pintu masuk, jalur pejalan kaki, atau fasilitas populer di dalam ruang terbuka hijau. Lokasi yang menonjol meningkatkan kemungkinan menarik perhatian dan mendorong partisipasi dalam inisiatif melakukan gerakan *zero waste*.
3. **Amenities and Facilities**, Lokasi yang dipilih harus dilengkapi dengan fasilitas dan sarana yang sesuai untuk mendukung kegiatan edukasi dan demonstrasi terkait *zero waste*. Ini dapat mencakup tanda-tanda, pameran interaktif, stasiun pemilahan sampah, tempat kompos, dan materi edukasi. Akses ke sumber daya tersebut meningkatkan pengalaman edukasi dan mendorong partisipasi aktif dalam upaya *zero waste* di dalam RTH.

Keterangan: Faktor penentu penempatan wahana *ZW*
Sumber: Observasi lapangan, 2024

Gambar 10. Elemen faktor penentu penempatan spot wahana *ZW*

Dari analisis lapangan, terdapat dua lokasi potensial untuk pengembangan wahana edukasi *zero waste*. Dari kedua lokasi tersebut, responden diminta menilai area mana yang paling baik sebagai titik awal upaya zero waste di Sleman. Area alternatif 1 mendapat sambutan sangat baik dari 37 responden, atau 82%, dengan komposisi 20 responden dari kalangan anak sekolah dan 17 responden dari DLH Sleman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Zero Waste Index (ZWI) RTH Denggung Sleman masih rendah, yaitu sebesar 0,14. Ini menandakan perlunya upaya lebih lanjut dalam meningkatkan pengelolaan sampah menuju standar optimalisasi *zero waste*, maka perlu melakukan upaya-upaya kongkrit dengan menerapkan konsep *3R (reduce, reuse, recycle)* yang diperkuat regulasi kebijakan pemerintah daerah dan keteladanan pemimpin daerah dalam pengelolaan sampah dan partisipasi kesadaran semua pihak. Kontribusi terbesar terhadap nilai *ZWI* berasal dari sampah yang dapat didaur ulang, seperti plastik, kertas, dan styrofoam. Namun, sampah organik seperti sisa makanan, dan daun tidak memberikan kontribusi positif karena pengomposan belum dioptimalkan karena kurangnya fasilitas pengomposan. Wahana edukasi *zero waste* memiliki peran penting sebagai wadah awal wujud nyata dari semangat cita-cita dari keberlanjutan program, diharapkan dapat terealisasi sehingga banyak hal dan energi positif yang tercipta dari sebuah RTH.

Langkah optimalisasi *Zero Waste Index (ZWI)* dimulai dengan pemilahan sampah di sumbernya dan edukasi masyarakat tentang pentingnya pemilahan sampah. Sampah organik

dialokasikan untuk komposting dengan fasilitas yang disediakan di RTH, sementara upaya daur ulang plastik dan kertas ditingkatkan dengan fasilitas daur ulang yang tersedia. Pusat edukasi *zero waste* didirikan di RTH untuk melibatkan ahli lingkungan dan mengedukasi masyarakat, didukung oleh kebijakan *3R* dalam pengelolaan sampah yang disosialisasikan kepada masyarakat. Kolaborasi multi-*stakeholder* diperkuat untuk program pengelolaan sampah yang berkelanjutan, sementara implementasi teknologi hijau dan edukasi melalui media sosial diintegrasikan dalam wahana *Zero Waste (ZW).* Kampanye kesadaran *zero waste* dan program rutin *ZW* dilakukan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, diawasi dengan pemantauan dan evaluasi berkala untuk menyesuaikan strategi secara optimal.

Saran untuk melakukan peningkatan pengelolaan sampah meliputi peningkatan program daur ulang, optimalisasi pengomposan, dan peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya gaya hidup *zero waste* serta agar dapat membuat rumah TPS untuk area pengumpulan sampah di RTH Denggung.

DAFTAR REFERENSI

(BSN) Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI 19-3964-1995 Tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan.

(BSN) Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 19-2454-2002 Tentang Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan.

(PB) Peraturan Bupati Sleman Nomor 22 Tahun 2022 Tentang Pedoman Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

(UU) Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.

(ZWIA) Zero Waste International Alliance, 2018. Zero Waste

Bogusz M, Pejas RM, Krasnodębski A and Dziekański P. 2021. The Concept of Zero Waste in the Context of Supporting Environmental Protection by Consumers. Energies 14(18):5964.

Cole C, Osmani M, Quddus M, Wheatleya A and Kay K. 2014. Towards a Zero Waste Strategy for an English Local Authority. Resources, Conservation and Recycling 89:64-75.

Definition.

Dhanya, Mishra, Chandel and Verma. 2020. Development of sustainable approaches for converting the organic waste to bioenergy. Science of The Total Environment 723:138109.

Guerrero et al. 2013. Solid waste management challenges for cities in developing countries.

Henry RK, Yongsheng Z and Jun D. 2006. Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study. Waste Management 26 (1):92-100.

Kasam, Iresha FM and Prasojo SA. 2021. Evaluation of solid waste management at campus using the "Zero Waste Index": The case on campus of Islamic University of Indonesia. MATEC Web of Conferences 154, 02004 (2018).

Kurniawan TA, Avtar R, Singh D, Xue W, Othman MHD, Hwang GH, Iswanto, Albadarin AB and Kern AO. 2021. Reforming MSWM in Sukunan (Yogjakarta, Indonesia): A case-study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. Journal of Cleaner Production 284:124775.

Lehmann S. 2011. Optimizing Urban Material Flows and Waste Streams in Urban Development through Principles of Zero Waste and Sustainable Consumption. Sustainability 3(1):155-183.

Ma W, Jong MD, Zisopoulos F. 2023. Introducing a classification framework to urban waste policy: Analysis of sixteen zero-waste cities in China. Waste Management 165:94-107.

Nugroho VC. 2015. Evaluasi Ruang Terbuka Hijau di Kecamatan Sleman Kabupaten Sleman. Planta Tropika Journal of Agro Science 3(2): 114-121.

Pietzsch M, Ribeiro JLD, de Medeiros JF. 2017. Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste: A systematic literature review. Waste Management 67:324-353.

Romano G, Rapposelli A, Marrucci L. 2019. Improving waste production and recycling through zero-waste strategy and privatization: An empirical investigation. Resources, Conservation and Recycling 146:256-263.

Sahin CK, Solak EB, Sava B and Onay B. 2022. A Case Study of Egirdir Zero Waste Park for Living and Learning. European Journal of Applied Sciences 10(4): 591-603.

Song Q, Li J and Zeng X. 2015. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. Journal of Cleaner Production 104:199-210.

Sundana EJ, Sutadian AD, Juwana I. 2019. Zero waste management index - sebuah tinjauan. CR Journal 05(02):55-62.

Tariska RM, Juwana I, Sutadian AD. 2021. Planning of Waste Management using Zero Waste Approach at SMAN 14 Bandung, Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 940 (2021) 012051.

Widyarsana IMW, Furqan RA, Budhicahyanto M, Saraswati D and Nurfajri N. 2021. Evaluation of Existing and Future Zero Waste Approach in Municipal Solid Waste Management Utilizing the Zero Waste Index: Bali Province, Indonesia. Research Square DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-909598/v1

Wilson DC, Velis C and Cheeseman C. 2005. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. Habitat International 30(4): 797-808.

Wong MH. 2022. Integrated sustainable waste management in densely populated cities: The case of Hong Kong. Sustainable Horizons 2:100014.

Zaman and Swapan. 2016. Performance evaluation and benchmarking of global waste management systems. Resources, Conservation and Recycling. 114:32-41.

Zaman AU and Lehmann S. 2011. Urban growth and waste management optimization towards 'zero waste city'. City, Culture and Society 2(4):177-187.

Zaman AU and Lehmann S. 2013. The Zero Waste Index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. Journal of Cleaner Production 50:123-132.

Zaman. 2013. Measuring waste management performance using the 'Zero Waste Index': the case of Adelaide, Australia. Journal of Cleaner Production 66: 407-419.

Zaman. 2014. Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. Ecological Indicators 36:682-693.

Zhang D, Keat TS and Gersberg RM. 2010. A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore. Waste Management 30(5):921-933.

Zhang Z and Teng J. 2023. Role of Government in the Construction of Zero-Waste Cities: A Case Study of China's Pearl River Delta City Cluster. Sustainability 15 (2):1258.

Zhou J, Li L, Wang Q, Fan YV, Liu X, Klemeˇs JJ, Wang X, Tong YW and Jiang P. 2022. Household waste management in Singapore and Shanghai: Experiences, challenges and opportunities from the perspective of emerging megacities. Waste Management 144:221-232.

Zotos, Karagiannidis, Zampetoglou, Malamakis, Antonopoulos, Kontogianni and Tchobanoglous. 2009. Developing a holistic strategy for integrated waste management within municipal planning: Challenges, policies, solutions and perspectives for Hellenic municipalities in the zero-waste, low-cost direction. Waste Management 29(5):1686-1692.